

(19) FRENCH REPUBLIC

(11) Document No.:  
(For use only in orders for copies)

2 709 834

NATIONAL INDUSTRIAL  
PROPERTY INSTITUTE

(21) Application No.:

93 01777

PARIS

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: G 01 S 13/46, 13/93, G 06 F 17/14, 19/00 G 06 F 165:00

(12)

**PATENT APPLICATION**

**A1**

<p>(22) Application date: September 10, 1993.</p> <p>(30) Priority:</p> <p>(43) Disclosure date: March 17, 1995, in Bulletin 95/11.</p> <p>(56) List of documents cited in the preliminary search report: <i>See the end of the present document.</i></p> <p>(60) References to other related national documents:</p>	<p>(71) Applicant(s): <i>FRAMATOME</i>, residing in France.</p> <p>(72) Inventors(s): Omer MERCIER and Michel TROUBLE.</p> <p>(73) Patent holder(s):</p> <p>(74) Representative: Bloch &amp; Associés, Industrial Property Attorneys.</p>
---	---

(54) Method and device for detecting and locating obstacles in a vehicle environment.

(57) The invention relates to a method for detecting and locating obstacles in a vehicle environment. To this effect, it comprises the steps of emitting signals in the direction of said environment from a plurality of radars (2) on the vehicle, deducing from the echo signals received the probability of occupancy, by an obstacle, of a set of elementary cells (9) of said environment, and combining the probabilities relative to each set of cells.

## **Method and device for detecting and locating obstacles in a vehicle environment**

The present invention relates to a method and a device for detecting and locating obstacles located in the environment of a vehicle, whether stopped or moving.

An important function of mobile robotics relates to the detection of objects or obstacles located in front of, or to the side of, a carrier vehicle, because these objects may interfere with its movement and must be avoided, or may require that the vehicle be stopped completely for safety concerns, or, on the other hand, may be sufficiently distant or in a direction such that the vehicle can continue its path without making a detour.

A secondary aspect of this detection consists in taking advantage of *a priori* knowledge about the (absolute) position of the object detected in relation to a map or a larger site, so that, by detecting this object and measuring its coordinates (location and distance), it is possible to deduce information about the absolute position of the vehicle itself.

A convenient means for detecting objects located in the periphery of a vehicle, and for making it possible to measure their coordinates, consists in using ultrasound sensors.

According to this proven technology, an acoustic wave is emitted periodically and, because it is reflected by the objects that constitute obstacles to its propagation, comes back to the sensor after a delay time, which is directly dependent on the distance of the object thus detected.

To ensure the peripheral detection of a vehicle, it is advantageous to have a sufficient number of such sensors located along its circumference, depending on the aperture angle of the elementary sensor. This number is higher the narrower the detection lobes of the sensors are.

The use of these sensors provides information on distance in relation to an obstacle, but the information on angular orientation becomes poorer as the width of the lobe of the sensors increases. Indeed, to the extent that a sensor sees a given object not in one point of space, but in an ambiguous manner, at all points located at an equal distance, if several sensors are associated to ensure coverage of the perimeter of the vehicle, the uncertainty of the angular position of the obstacles detected may be excessively large.

On the other hand, finer detection requires a greater number of elementary sensors with narrower lobes, which increases the overall cost of the detection.

Another drawback for the use of ultrasound sensors is their great sensitivity to external acoustic disturbances, to reflection anomalies on certain obstacles, as well as the sensitivity of the sound waves to wind, where the echo can even be blown away and never come back to its source.

The present invention aims to overcome these drawbacks.

To this effect, the invention relates, first of all, to a method for detecting and locating the obstacles located in the environment of a vehicle, characterized in that it comprises the steps of emitting signals in the direction of said environment from a plurality of radars on the vehicle, deducing from the echo

signals received the probability of occupancy, by an obstacle, of a set of elementary cells of said environment, and combining the probabilities relative to each set of cells.

Algorithms for the combination of information are already known in the art. However, the fact of combining probabilities of occupancy of elementary cells, wherein these probabilities themselves are obtained from radar signals, can yield, with the technique according to the invention, results that are quite surprising on account of their precision, which even allows for the mapping of the obstacles detected, thus making it possible to avoid them, as well as for the localization of the vehicle itself, because of the high quality of the modeling of the environment that is thus achieved.

Moreover, unlike ultrasound sensors, radars can be used outdoors and in any kind of weather.

Finally, it has been observed that the invention even enables the use of radars with relatively mediocre individual performance, without altering the results of the overall modeling.

In one embodiment of the invention, the combination is done on the basis of the probability values provided by a plurality of radars, and specifically by two radars.

In this case, the combination is done spatially, so as to associate the data simultaneously returned by a subset of radars that have detected the same obstacle at different angles.

In another embodiment, the combination is done on the basis of the probability value supplied by one radar and the probability value previously known for the same cell.

In this case, the combination is done temporally, because the same obstacle is seen successively by the same sensor, which has moved forward at the same time as the vehicle. In this case, the combination operation is applied to the value already assigned to the cell.

From the signals received as echoes it is possible to deduce information on distance and angular information about the obstacles, and to determine the said probabilities of occupancy from these items of information.

Preferably, a step is provided for setting a threshold for the results of the combination, so as to obtain a map stripped of any miscellaneous artifacts that might originate from specular or multiple reflections of the radar waves emitted.

According to one particular embodiment of the invention, the signal emitted by the radars is frequency modulated; the signal received as an echo is mixed with a fraction of the emitted signal so that, after the carrier frequency is eliminated, a beat signal is formed; and the beat pulses are counted for a pre-determined interval in order to provide the distance of an obstacle.

As a variation, this distance can be derived via a Fourier *[sic]* transform.

Advantageously, the emission of each radar lasts for a limited time and the repetition logic can even be coded for the purpose of identifying the source.

The invention likewise relates to a device for modeling the environment of a vehicle, characterized in that it comprises a plurality of radars mounted on the vehicle and a processing unit equipped to combine the data provided by the radars.

Thanks to the combination operation, it is possible, without disadvantage, to select radars with a wide lobe, and thus with average performance and low cost.

It will be observed that radars of this type, particularly current Doppler radars, are generally used to measure speed, while, here, it is mainly distance that is measured, while speed may be measured merely in an accessory manner. Moreover, while the radars used to measure distances are generally radars functioning with pulses, here preferably continuous emission frequency modulated radars are used.

Now, as a non-limitative example, one particular embodiment of the invention will be described, in reference to the annexed diagrammatic drawings, in which:

- Figure 1 is a diagrammatic view from above of a vehicle equipped with the means according to the invention,
- Figure 2 is a functional diagram of these means,
- Figure 3 illustrates the signals emitted by the radars,
- Figure 4 represents the modeling of the environment of the vehicle,
- Figure 5 illustrates the function of the distribution of the probabilities for the occupancy of a cell by an obstacle, as a function of the distance to the focal point of an antenna, and
- Figure 6 illustrates the function of the distribution of the probabilities of occupancy of this cell as a function of the angular deviation between its direction and the axis of the antenna.

Figure 1 represents an automatic vehicle equipped with a platform 1, on which are mounted a plurality of radars 2, about twenty, for example. The radars 2 here are radars with a wide lobe, in other words, with an aperture angle  $2\theta$  of typically  $15^\circ$  to  $120^\circ$ . It should be recalled that a large angle  $2\theta$  is sought to obtain good peripheral coverage around the vehicle with as few sensors as possible.

The radars 2 here are FMCW radars with frequency modulation and continuous emission or emission in a temporal window.

The radars 2 are placed on the periphery of the vehicle so as to obtain a vision of its environment that is as complete as desired. The fineness of the detection coverage and of the modeling in general is directly dependent on the number of radars used, and their individual lobes may converge arbitrarily, as represented, toward the front (arrow 3) and the side of the vehicle.

Figure 2 shows radar antennas 2a, 2b, and 2c. Each of these antennas is connected by means of an interface circuit 4a, 4b, 4c, respectively, to a unit 5 capable of producing the trigger signals Sa, Sb and Sc respectively of the radars. As a variation, the trigger signals may be common to all the radars.

The signals Sa, Sb, Sc are frequency modulated, as represented in Figure 3. A carrier frequency Fp is modulated by a sawtooth wave having a frequency Δf. This frequency generation may be carried out at the level of unit 5 by a GUNN oscillating diode.

Optionally, for each signal Sa, Sb, Sc, the modulated emission lasts for a limited time D. This facilitates the differentiation of the signals received, as well as the extraction of the information being sought. In addition, by coding the logic of the repetition of the emissions, in other words duration T in Figure 3, for example, according to a pseudo-random model, it is possible to customize each of the emissions. Thus, in particular, it is possible to allow several vehicles to move about in the same environment.

The signal received back by each antenna 2a, 2b, 2c is processed in an analog processing unit 6a, 6b, 6c respectively.

The received signal is out of phase in relation to the emitted signal. By mixing in the corresponding unit 6 with a fraction of the emitted signal, after the carrier frequency is eliminated, a beat signal with a typical frequency in the order of 1 kHz is obtained.

First of all, the signal is filtered to eliminate the high frequencies, which correspond to the most distant obstacles. Thus only the signal that is bounced back by the first obstacle encountered is retained, and it is then processed by Fourier [sic] transform.

In addition, the comparison of the frequency of the carrier wave that is bounced back and that of the carrier wave of the emitted signal yields the Doppler frequency F<sub>d</sub>, which is proportional to the speed at which the vehicle is moving toward or away from the obstacle detected, according to the formula:

$$v = 1/2 \lambda F_d$$

in which  $\lambda = c/F$  (speed of propagation / frequency of emission)

The speed information is not necessary to the implementation of the invention. Its availability, however, constitutes an advantage in the applications.

The digitized distance and speed information is provided by the analog processing units 6a, 6b, 6c to the digital processor 7.

The processor 7 is essentially comprised of a calculating unit capable of accessing a memory 8.

To each element of the memory 8 there is associated one elementary cell 9 of the environment of the vehicle. The content of each one of its memory elements represents the probability that any one particular cell, localized by its sight angle φ and its distance d in relation to the vehicle, contains an obstacle.

Figure 4 represents 2 radars 11 and 12, each of which has detected an obstacle; the first at distance d<sub>1</sub> and the second at distance d<sub>2</sub>. As a convention, it was decided that the probability of occupancy of a

cell by an obstacle ranges between  $-1$  (the cell is definitely not occupied) and  $+1$  (the cell is definitely occupied), while probability  $p = 0$  corresponds to uncertainty.

Knowing the focal point of each antenna and also its axis of sight, each cell is assigned a probability of occupancy, as a function of the distance at which an obstacle has been detected, of the distance of this cell to the focal point of the antenna and of the angular deviation between the axis of sight of the antenna and the direction of the cell. By way of example, Figure 5 represents the function of the distribution of the probabilities of occupancy of a cell as a function of its distance to the focal point of the antenna of radar 11, and Figure 6 represents the function of the distribution of the probabilities as a function of the angular deviation  $\alpha$  between the axis of this antenna and the direction being considered. The maximum probability is, of course, found for distance  $d_1$  and in the line of sight of the antenna.

The different zones of probabilities are displayed in figures 4 through 6. Positive probability zone B in Figure 5 [sic] corresponds to two annular bands on either side of the circle with radius  $d_1$ . It is also evident from Figure 5 that only the first obstacle encountered is taken into account, because beyond a certain distance (zone D), which is a function of  $d_1$ , no information is contributed by the measurement. In the same way, in Figure 6, no information is contributed by the measurement outside the emission lobe (zone A).

The possible levels of quantification between the values  $-1$  and  $+1$  are dependent on the performance of the calculation equipment used, with the overall performance of the representation of the environment improving, the more of these levels there are.

Whenever, in this manner, a given cell has been assigned, by the measurement made with the help of radar 11, a probability  $p_1$  of occupancy of this cell by an obstacle and, by the measurement made with the help of radar 12, a probability  $p_2$ , the following combination algorithm is implemented:

- if  $p_1 > 0$  and  $p_2 > 0$

$$F(p_1, p_2) = p_1 + p_2 - p_1 \cdot p_2$$

- if  $p_1 < 0$  and  $p_2 > 0$

$$F(p_1, p_2) = p_1 + p_2 - p_1 \cdot p_2$$

- if  $p_1 < 0$  and  $p_2 < 0$

$$F(p_1, p_2) = \frac{p_1 + p_2}{1 - \text{Min}(p_1, p_2)}$$

This algorithm may be implemented in the manner described above, in other words, spatially, by combining the probability information originating from two radars, or else temporally, by using the probability information originating from a single radar and by combining it with the probability already present in memory 8 for the cell being considered.

The probabilities of occupancy of the space are expressed continuously between -1 (cell that is definitely empty) and +1 (cell that is definitely occupied). Then a threshold is set for the results of the raw combination, so as to obtain a map of the environment of the vehicle, on which the obstacles are displayed.

Moreover, the representation of this map can be improved by subjecting it to a morphological "closing" operation (dilation - erosion), known in the field of image processing.

The map obtained in this way thus provides precise information about the environment of the vehicle and makes it possible:

- for the vehicle to move about while avoiding any possible obstacles;
- to locate it by comparison between the measured positions of the obstacles and an *a priori* knowledge of these obstacles.

It is furthermore possible to envision other systems that emit and receive signals other than radar, for example, laser or infrared telemeters or sonar systems.

## CLAIMS

1. Method for detecting and locating obstacles in the environment of a vehicle, characterized in that it comprises the steps of emitting signals in the direction of said environment from a plurality of radars (2) on the vehicle, deducing from the echo signals received the probability of occupancy, by an obstacle, of a set of elementary cells (9) of said environment, and combining the probabilities relative to each set of cells.
2. Method according to Claim 1, in which the combination is done on the basis of the probability values provided by a plurality of radars, and specifically by two radars.
3. Method according to either one of claims 1 and 2, in which the combination is done on the basis of the probability value provided by one radar and the probability value previously known by the same cell.
4. Method according to any one of claims 1 to 3, in which there is deduced, from the signals received as echoes, a unit of information on distance and a unit of angular information about the obstacles, and said probabilities are determined on the basis of these units of information.
5. Method according to any one of claims 1 to 4, comprising a step in which a threshold is set for the results of the combination.
6. Method according to any one of claims 1 to 5, in which the signal emitted by the radars is frequency modulated; the signal received as an echo is mixed with a fraction of the emitted signal so that, after the carrier frequency is eliminated, a beat signal is formed; and the distance from an obstacle is obtained by Fourier *[sic]* transform or by counting for a pre-determined interval of time.
7. Method according to any one of claims 1 to 6, in which the emission of each radar lasts for a limited time, and the repetition logic is coded for the purpose of identifying the source.
8. Device for detecting and locating obstacles in the environment of a vehicle, characterized in that it comprises a plurality of radars (2) mounted on the vehicle and a processing unit (7) equipped to combine the data provided by the radars.
9. Device according to Claim 8, in which the radars have a wide lobe.



1/4

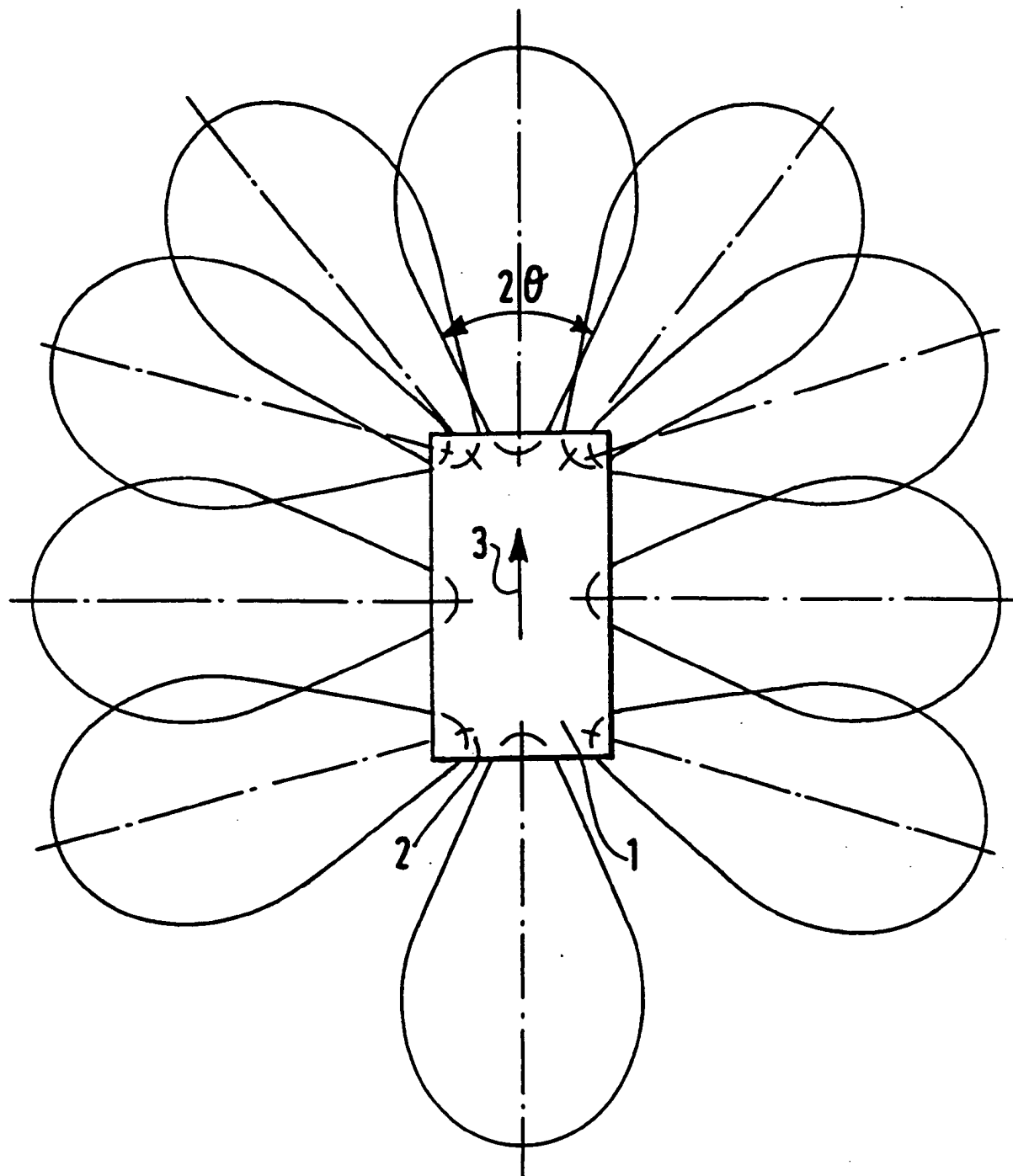
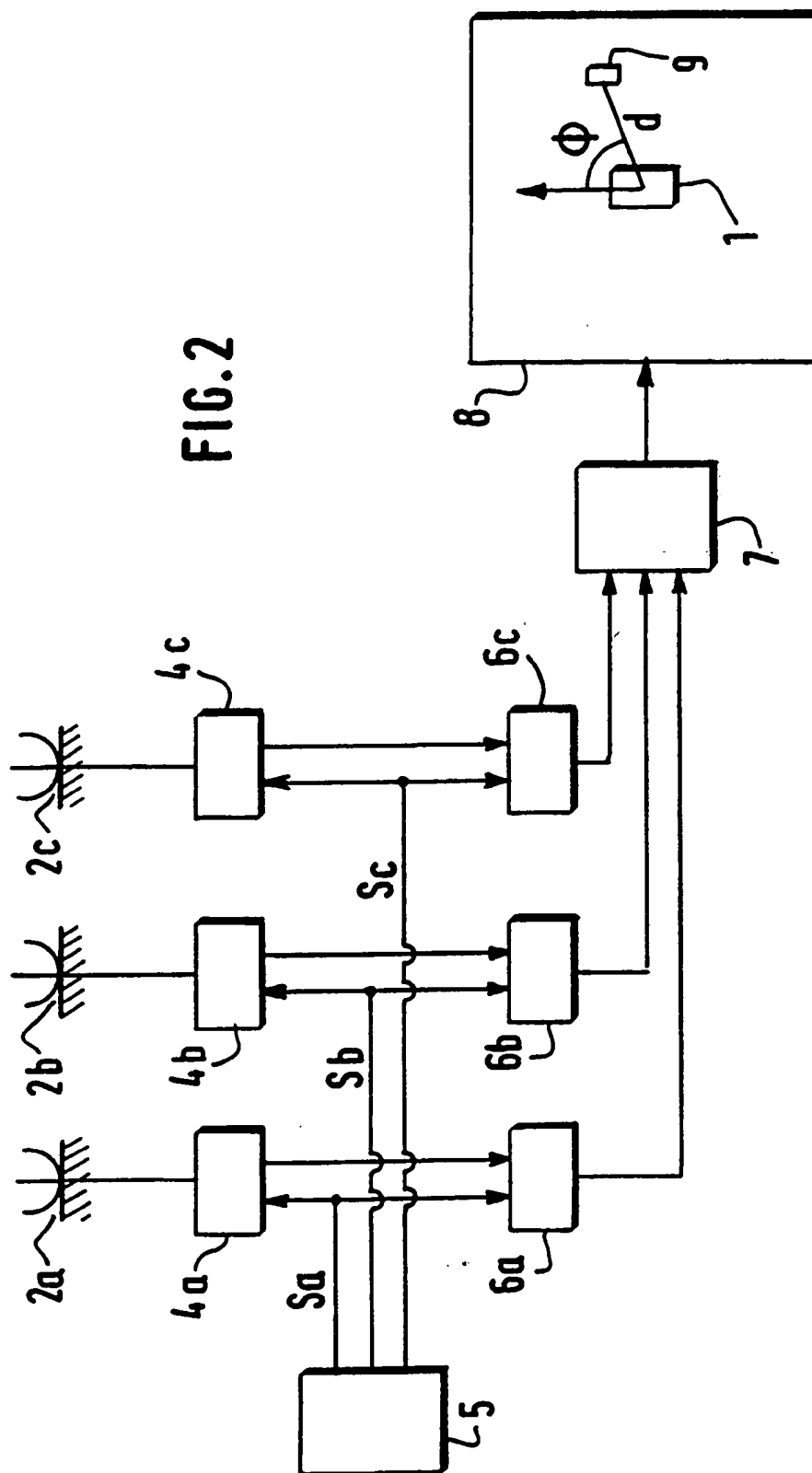


FIG. 1

2/4

FIG. 2



3/4

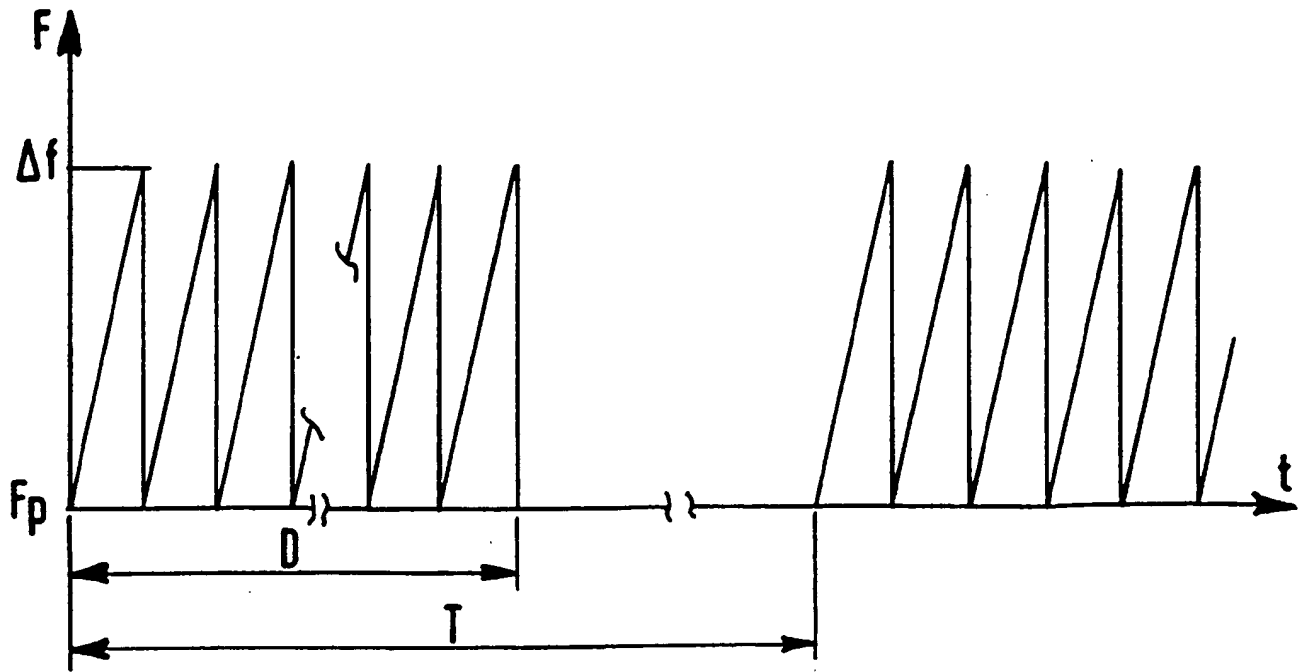


FIG. 3

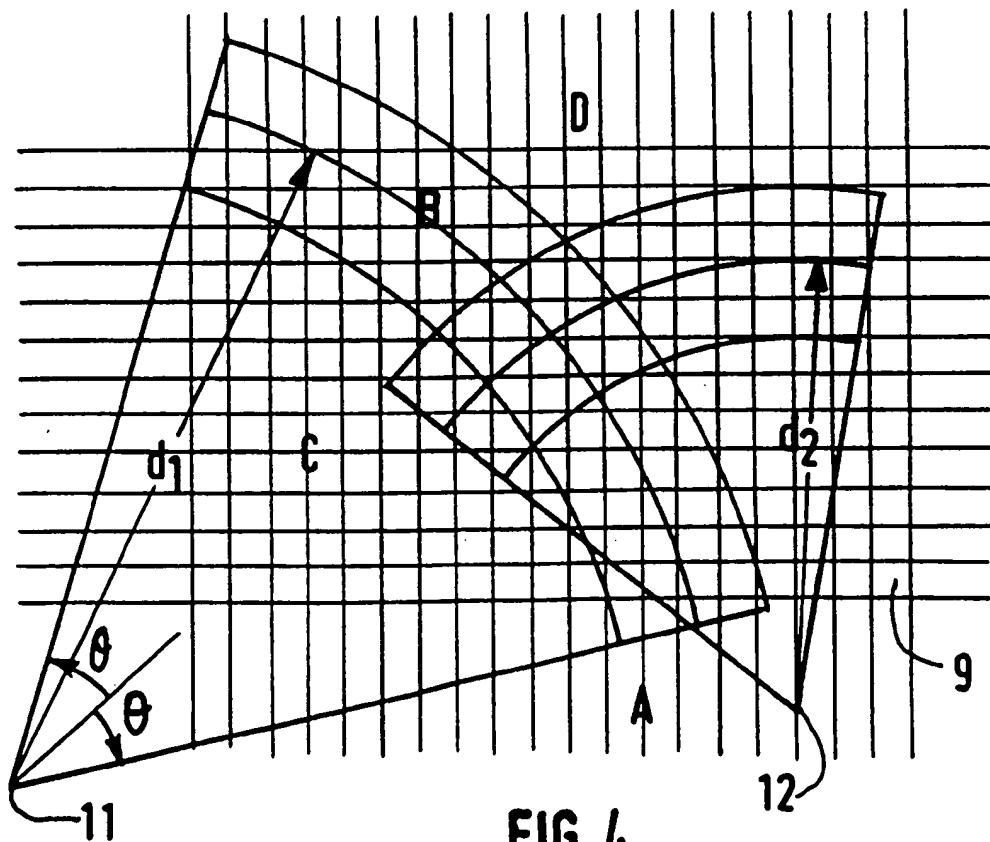


FIG. 4

4/4

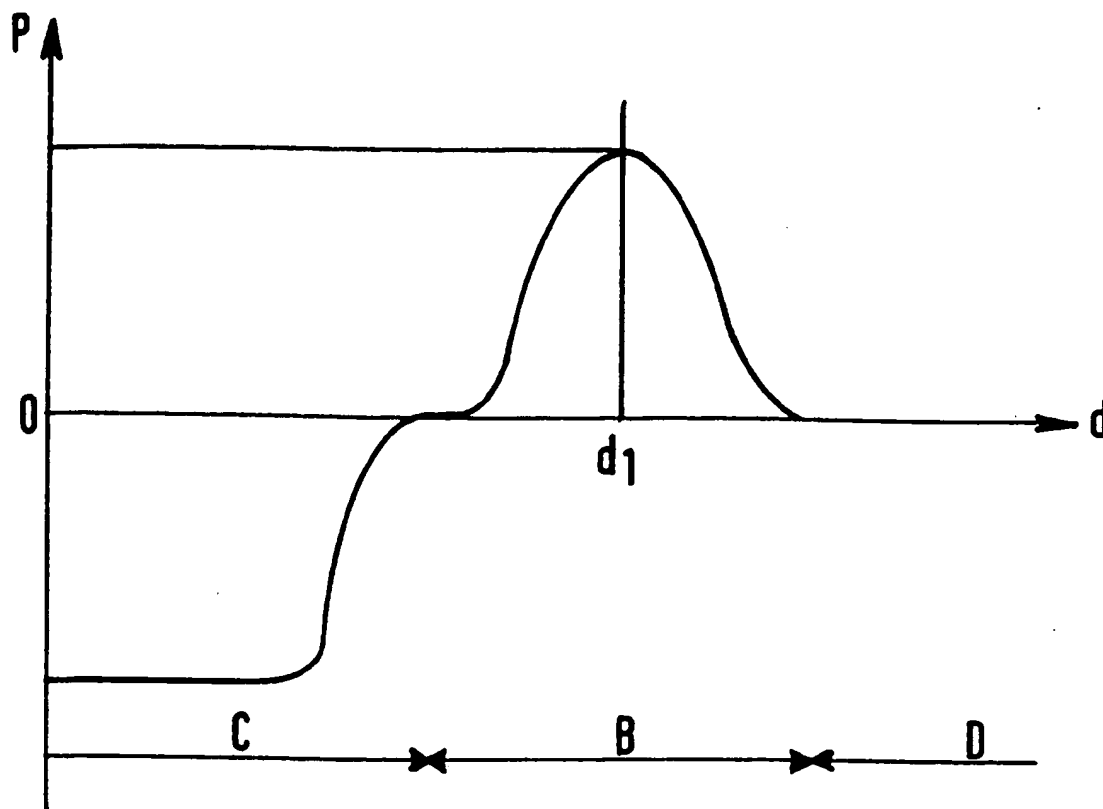


FIG.5

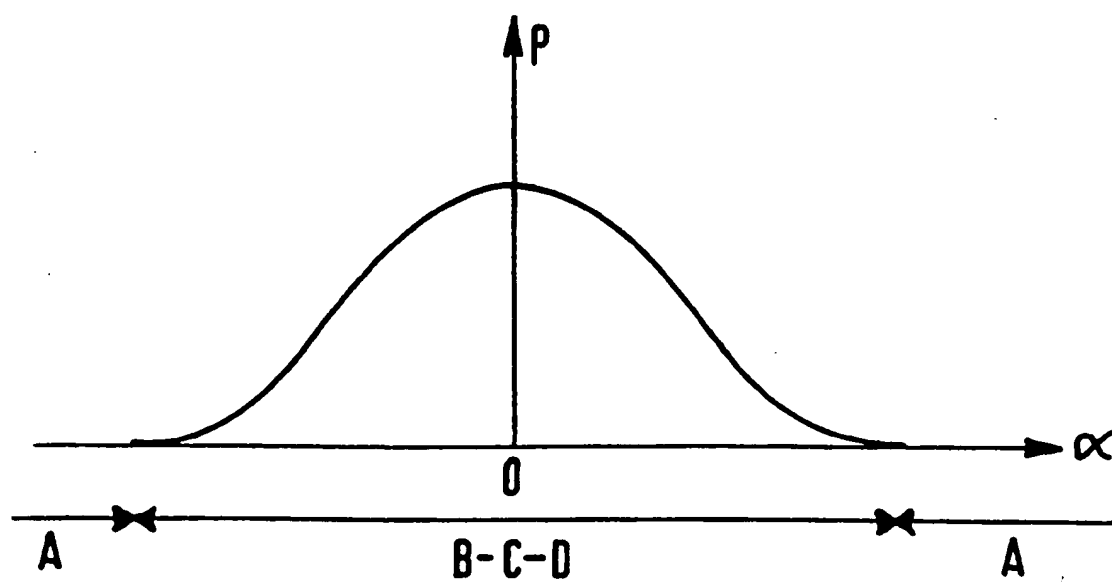


FIG.6

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

①⑪ N° de publication :

(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**2 709 834**

②① N° d'enregistrement national :

**93 10777**

⑤① Int Cl<sup>8</sup> : G 01 S 13/46 , 13/93 , G 06 F 17/14 , 19/00 G 06 F 165:00

⑫

**DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

②② Date de dépôt : 10.09.93.

③⑦ Priorité :

④③ Date de la mise à disposition du public de la demande : 17.03.95 Bulletin 95/11.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

⑥① Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦① Demandeur(s) : FRAMATOME — FR.

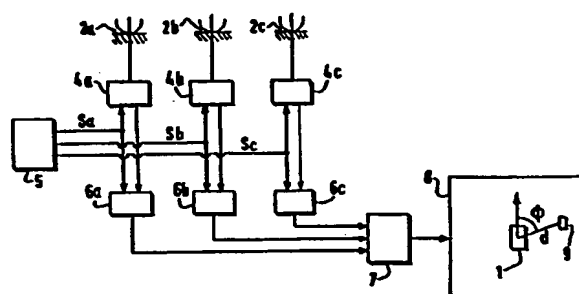
⑦② Inventeur(s) : Mercier Omer et Trouble Michel.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire : Bloch & Associés Conseils en Propriété Industrielle.

⑤④ Procédé et dispositif pour la détection et la localisation d'obstacles dans l'environnement d'un véhicule.

⑤⑦ L'invention concerne un procédé de détection et de localisation d'obstacles dans l'environnement d'un véhicule. A cet effet, il comprend les étapes consistant à émettre des signaux en direction dudit environnement à partir d'une pluralité de radars (2) disposés sur le véhicule, à déduire des signaux reçus en écho les probabilités d'occupation par un obstacle d'un ensemble de cellules élémentaires (9) dudit environnement, et à fusionner les probabilités relatives à chacune desdites cellules.



FR 2 709 834 - A1



## **Procédé et dispositif pour la détection et la localisation d'obstacles dans l'environnement d'un véhicule**

La présente invention concerne un procédé et un dispositif pour la détection et la localisation d'obstacles situés dans l'environnement d'un véhicule arrêté ou en mouvement.

Une fonction importante de la robotique mobile concerne la détection des objets ou obstacles situés au devant ou sur le côté du véhicule porteur, dans la mesure où ceux-ci peuvent entraver son mouvement et doivent être contournés, ou nécessitent son arrêt complet par souci de sécurité ou, au contraire, sont suffisamment distants ou dans une direction telle que le véhicule peut continuer son chemin sans écart.

Un aspect secondaire de cette détection consiste à exploiter une connaissance a priori du positionnement (absolu) de l'objet détecté par rapport à une carte ou un site plus vaste, pour qu'en détectant cet objet et en mesurant ses coordonnées (site et distance) on puisse en retirer une information sur la position absolue du véhicule lui-même.

Un moyen commode pour détecter des objets situés dans la périphérie d'un véhicule et permettant d'en mesurer les coordonnées consiste à utiliser des capteurs à ultra-sons.

Selon cette technologie bien éprouvée, une onde acoustique est émise périodiquement et, se trouvant réfléchi par les objets constituant des obstacles à sa propagation, revient vers le capteur après un temps de retard, lequel dépend directement de la distance de l'objet ainsi détecté.

Pour assurer la détection périphérique d'un véhicule, il convient de disposer un nombre suffisant de tels capteurs sur son pourtour en fonction de l'angle d'ouverture du capteur élémentaire. Ce nombre est d'autant plus élevé que les capteurs auront un lobe de détection étroit.

L'utilisation de ces capteurs fournit une information de distance par rapport à un obstacle, mais l'information d'orientation angulaire est d'autant moins bonne

que les capteurs sont à lobe large. En effet, dans la mesure où un capteur voit un obstacle donné non pas en un point de l'espace mais de manière ambiguë en tous points situés à égale distance, si l'on associe plusieurs capteurs pour assurer la couverture du périmètre du véhicule, l'indétermination de la position angulaire des obstacles détectés peut être excessivement grande.

A contrario, une détection plus fine exige un nombre supérieur de capteurs élémentaires, à lobes plus étroits, ce qui accroît le coût global de la détection.

Un autre inconvénient de l'utilisation de capteurs à ultra-sons est leur très grande sensibilité aux perturbations acoustiques extérieures, aux anomalies de réflexion sur certains obstacles, ainsi que la sensibilité au vent des ondes sonores, l'écho pouvant même être soufflé et ne jamais revenir à sa source.

La présente invention vise à pallier ces inconvénients.

A cet effet, l'invention a tout d'abord pour objet un procédé de détection et de localisation des obstacles situés dans l'environnement d'un véhicule, caractérisé par le fait qu'il comprend les étapes consistant à émettre des signaux en direction dudit environnement à partir d'une pluralité de radars disposés sur le véhicule, à déduire des signaux reçus en écho les probabilités d'occupation par un obstacle d'un ensemble de cellules élémentaires dudit environnement, et à fusionner les probabilités relatives à chacune desdites cellules.

Des algorithmes de fusion d'informations sont déjà connus dans la technique. Toutefois le fait de fusionner des probabilités d'occupation de cellules élémentaires, ces probabilités étant elles-mêmes obtenues à partir de signaux radar, peut donner, avec la technique selon l'invention, des résultats tout à fait surprenants par leur précision, permettant même la cartographie des obstacles détectés et rendant donc possible leur évitement ainsi que la localisation du véhicule lui-même, du fait de la grande qualité de la modélisation de l'environnement ainsi effectuée.

Par ailleurs, contrairement aux capteurs à ultra-sons, les radars peuvent être utilisés en extérieur et par tout temps.

Enfin on a pu constater que l'invention permet même d'utiliser des radars de performance individuelle relativement médiocre sans altérer les résultats de la modélisation globale.

5

Dans un mode de réalisation de l'invention, la fusion est effectuée sur les valeurs des probabilités fournies par une pluralité de radars, et notamment deux radars.

10

Dans ce cas, la fusion est effectuée de manière spatiale de manière à associer des données retournées simultanément par un sous-ensemble de radars ayant détecté un même obstacle sous des angles différents.

15

Dans un autre mode de réalisation, la fusion est effectuée sur la valeur de la probabilité fournie par un radar et la valeur de la probabilité antérieurement connue pour la même cellule.

20

La fusion est dans ce cas effectuée de manière temporelle, le même obstacle étant vu successivement par un même capteur qui aura avancé en même temps que le véhicule. Dans ce cas, l'opération de fusion est appliquée à la valeur déjà affectée à la cellule.

25

On peut déduire des signaux reçus en écho une information de distance et une information angulaire sur les obstacles et déterminer lesdites probabilités d'occupation à partir de ces informations.

30

De préférence on prévoit une étape de seuillage des résultats de la fusion de manière à obtenir une carte dépouillée des artefacts divers pouvant provenir de réflexion spéculaires ou multiples, des ondes radars émises.

35

Selon un mode de réalisation particulière de l'invention, le signal émis par les radars est modulé en fréquence, le signal reçu en écho est mélangé à une fraction du signal émis pour, après élimination de la fréquence porteuse, former un signal de battement, et les impulsions de battement sont comptées pendant un intervalle prédéterminé pour fournir la distance d'un obstacle.



En variante, cette distance peut être fournie par transformation de Fourier.

Avantageusement, l'émission de chaque radar dure un temps limité et la logique de répétition peut même être codée en vue de l'identification de la source.

L'invention a également pour objet un dispositif pour la modélisation de l'environnement d'un véhicule, caractérisée par le fait qu'il comprend une pluralité de radars montés sur le véhicule et une unité de traitement agencée pour fusionner les données fournies par les radars.

Grâce à l'opération de fusion, on peut sans inconvénient choisir des radars à lobe large, donc de performance moyenne et de coût peu élevé.

On observera que les radars de ce type, notamment les radars Doppler courants, sont généralement utilisés en mesure de vitesse alors qu'ici, c'est la distance qui est mesurée à titre principal, la mesure de vitesse n'étant éventuellement utilisée qu'à titre accessoire. De surcroît, alors que les radars utilisés en vue de mesures de distances sont généralement des radars fonctionnant en impulsions, on utilise ici de préférence des radars à émission continue et fonctionnant en modulation de fréquence.

On décrira maintenant à titre d'exemple non limitatif un mode de réalisation particulier de l'invention, en référence aux dessins schématiques annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique de dessus d'un véhicule muni des moyens de l'invention,

- la figure 2 est un diagramme fonctionnel de ces moyens,

- la figure 3 illustre les signaux émis par les radars,

- la figure 4 représente la modélisation de l'environnement du véhicule,

- la figure 5 illustre la fonction de répartition des probabilités d'occupation d'une cellule par un obstacle en fonction de la distance au foyer d'une antenne et

- la figure 6 illustre la fonction de répartition des probabilités d'occupation de cette cellule en fonction de l'écart angulaire entre sa direction et l'axe de l'antenne.

La figure 1 représente un véhicule automatique muni d'une plate-forme 1 sur laquelle sont montés une pluralité de radars 2, par exemple une vingtaine. Les radars 2 sont ici des radars à lobe large, c'est-à-dire d'angle d'ouverture  $2\theta$  typiquement compris entre  $15^\circ$  et  $120^\circ$ . On rappelle qu'un angle  $2\theta$  important est recherché pour obtenir une bonne couverture périphérique autour du véhicule avec un nombre de capteurs aussi réduit que possible.

Les radars 2 sont ici des radars FMCW à modulation de fréquence et à émission continue ou par fenêtre temporelle.

Les radars 2 sont placés à la périphérie du véhicule de manière à obtenir une vision aussi complète que désirée de son environnement. La finesse de la couverture de détection et de la modélisation en général, dépend directement du nombre de radars utilisés dont les lobes individuels peuvent se rejoindre arbitrairement comme cela est représenté vers l'avant (flèche 3) et le côté du véhicule.

On voit sur la figure 2 trois des antennes radars 2a, 2b et 2c. Chacune de ces antennes est reliée par l'intermédiaire d'un circuit d'interface 4a, 4b, 4c respectivement, à une unité 5 susceptible d'élaborer les signaux de déclenchement Sa, Sb et Sc respectivement des radars. En variante, les signaux de déclenchement peuvent être communs à tous les radars.

Les signaux Sa, Sb, Sc sont modulés en fréquence comme représenté à la figure 3. Une fréquence porteuse  $F_p$  est modulée par une onde en dent de scie de fréquence  $\Delta f$ . Cette génération de fréquence peut être assurée au niveau de l'unité 5 par une diode oscillatrice GUNN.

Optionnell ment, pour chaque signal Sa, Sb, Sc, l'émission modulée dure un temps limité D. On facilite ainsi la différenciation des signaux reçus ainsi que l'extraction des informations recherchées. Par ailleurs, en codant la logique de répétition des émissions, c'est-à-dire la durée T sur la figure 3, par exemple  
5 selon un modèle pseudo-aléatoire, il est possible de personnaliser chacune des émissions. On peut ainsi en particulier faire évoluer plusieurs véhicules dans le même environnement.

10 Le signal reçu en retour par chaque antenne 2a, 2b, 2c est traité dans une unité de traitement analogique 6a, 6b, 6c respectivement.

Le signal reçu est déphasé par rapport au signal émis. Par mélange dans l'unité 6 correspondante avec une fraction du signal émis, après élimination de la fréquence porteuse, un signal de battement à une fréquence type de l'ordre  
15 de 1 kHz est obtenu.

Le signal est tout d'abord filtré pour éliminer les hautes fréquences, correspondant aux obstacles les plus éloignés. On ne retient ainsi que le signal rétrodiffusé par le premier obstacle rencontré, qui est ensuite traité par  
20 transformée de Fourier.

Par ailleurs, la comparaison de la fréquence de l'onde porteuse rétrodiffusée et de celle de l'onde porteuse du signal émis donne la fréquence Doppler  $F_D$  qui est proportionnelle à la vitesse de rapprochement ou d'éloignement du véhicule  
25 de l'obstacle détecté, selon la relation :

$$v = 1/2 \lambda F_D$$

où  $\lambda = c/F$  (vitesse de propagation/fréquence d'émission)  
30

L'information de vitesse n'est pas nécessaire à la mise en oeuvre de l'invention. Sa disponibilité constitue néanmoins un avantage dans les applications.

35 Les informations de distance et vitesse numérisées sont fournies par les unités de traitement analogiques 6a, 6b, 6c au processeur numérique 7.

Le processeur 7 est constitué pour l'essentiel d'une unité de calcul susceptible d'accéder à une mémoire 8.

5 A chaque élément de la mémoire 8 est associée une cellule élémentaire 9 de l'environnement du véhicule. Le contenu de chacun de ses éléments de mémoire représente la probabilité pour qu'une cellule particulière, repérée par son site  $\phi$  et sa distance  $d$  par rapport au véhicule, renferme un obstacle.

10 La figure 4 représente 2 radars 11 et 12 ayant chacun détecté un obstacle, le premier à la distance  $d_1$  et le second à la distance  $d_2$ . Par convention, on décide que la probabilité d'occupation d'une cellule par un obstacle est comprise entre -1 (la cellule est certainement non occupée) et +1 (la cellule est certainement occupée), la probabilité  $p = 0$  correspondant à l'incertitude.

15 Connaissant la position du foyer de chaque antenne ainsi que son axe de visée, on affecte à chaque cellule une probabilité d'occupation fonction de la distance à laquelle un obstacle a été détecté, de la distance de cette cellule au foyer de l'antenne et de l'écart angulaire entre l'axe de visée de l'antenne et la direction de la cellule. A titre d'exemple, la figure 5 représente la fonction de  
20 répartition des probabilités d'occupation d'une cellule en fonction de sa distance au foyer de l'antenne du radar 11, et la figure 6 la fonction de répartition des probabilités en fonction de l'écart angulaire  $\alpha$  entre l'axe de cette antenne et la direction considérée. La probabilité maximale est bien  
25 entendu rencontrée pour la distance  $d_1$  et dans la direction de visée de l'antenne.

Les différentes zones de probabilités sont portées sur les figures 4 à 6. La zone B de probabilité positive sur la figure 5 correspond à deux bandes  
30 annulaires de part et d'autre du cercle de rayon  $d_1$ . On vérifie par ailleurs sur la figure 5 que seul le premier obstacle rencontré est pris en compte puisqu'au-delà d'une certaine distance (zone D) fonction de  $d_1$  aucune information n'est apportée par la mesure. De même sur la figure 6, aucune information n'est  
apportée par la mesure en dehors du lobe d'émission (zone A).

35

Les niveaux possibles de quantification entre les valeurs -1 et +1 dépendent des performances du matériel de calcul utilisé, la performance globale de la représentation de l'environnement étant d'autant meilleure que ces niveaux sont plus nombreux.

5

Lorsque l'on a de cette manière affecté à une cellule donnée, par la mesure effectuée à l'aide du radar 11, une probabilité  $p_1$  d'occupation de cette cellule par un obstacle et, par la mesure effectuée à l'aide du radar 12, une probabilité  $p_2$ , on met en oeuvre l'algorithme de fusion suivant :

10

- si  $p_1 > 0$  et  $p_2 > 0$ .

$$F(p_1, p_2) = p_1 + p_2 - p_1.p_2$$

15

- si  $p_1 < 0$  et  $p_2 > 0$

$$F(p_1, p_2) = p_1 + p_2 + p_1.p_2$$

- si  $p_1 < 0$  et  $p_2 < 0$

20

$$F(p_1, p_2) = \frac{p_1 + p_2}{1 - \text{Min}(p_1, p_2)}$$

25

Cet algorithme peut être mis en oeuvre de la façon décrite ci-dessus, c'est-à-dire spatialement, en fusionnant les informations de probabilité provenant de deux radars, ou encore de manière temporelle, en utilisant l'information de probabilité provenant d'un seul radar et en la fusionnant avec la probabilité déjà présente pour la cellule considérée dans la mémoire 8.

30

Les probabilités d'occupation de l'espace s'expriment continument entre -1 (cellule certainement vide) et +1 (cellule certainement occupée). On réalise ensuite un seuillage des résultats de la fusion brute de manière à obtenir une carte de l'environnement du véhicule sur laquelle sont portés les obstacles.

35

On peut d'ailleurs améliorer la représentation de cette carte en lui faisant subir une opération morphologique de type "fermeture" (dilatation - érosion), connue dans le domaine du traitement d'image.

5 La carte ainsi obtenue fournit ainsi une information précise sur l'environnement du véhicule et permet :

- son évolution avec évitement éventuel d'obstacles ;

10 - sa relocalisation par comparaison entre les emplacements mesurés des obstacles et une connaissance a priori de ces obstacles.

On peut par ailleurs envisager d'autres systèmes émetteurs-récepteurs de signaux que le radar, par exemple de télémètres laser ou infrarouge ou des  
15 sonars.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de détection et de localisation d'obstacles dans l'environnement d'un véhicule, caractérisé par le fait qu'il comprend les étapes consistant à  
5 émettre des signaux en direction dudit environnement à partir d'une pluralité de radars (2) disposés sur le véhicule, à déduire des signaux reçus en écho les probabilités d'occupation par un obstacle d'un ensemble de cellules élémentaires (9) dudit environnement, et à fusionner les probabilités relatives à chacune desdites cellules.
- 10 2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la fusion est effectuée sur les valeurs des probabilités fournies par une pluralité de radars, et notamment deux radars.
- 15 3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, dans lequel la fusion est effectuée sur la valeur de la probabilité fournie par un radar et la valeur de la probabilité antérieurement connue par la même cellule.
- 20 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel on déduit, des signaux reçus en écho, une information de distance et une information angulaire sur les obstacles, et on détermine lesdites probabilités d'occupation à partir de ces informations.
- 25 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, comprenant une étape de seuillage des résultats de la fusion.
- 30 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le signal émis par les radars est modulé en fréquence, le signal reçu en écho est mélangé à une fraction du signal émis pour, après élimination de la fréquence porteuse, former un signal de battement, et la distance d'un obstacle est obtenue soit par transformation de Fourier soit par comptage pendant un intervalle de temps prédéterminé.
- 35 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel l'émission de chaque radar dure un temps limité, et la logique de répétition est codée en vue de l'identification de la source.

8. Dispositif pour la détection et la localisation d'obstacles dans l'environnement d'un véhicule, caractérisé par le fait qu'il comprend une pluralité de radars (2) montés sur le véhicule et une unité de traitement (7) agnécée pour fusionner les données fournies par les radars.

9. Dispositif selon la revendication 8, dans lequel les radars sont à lobe large.



1/4

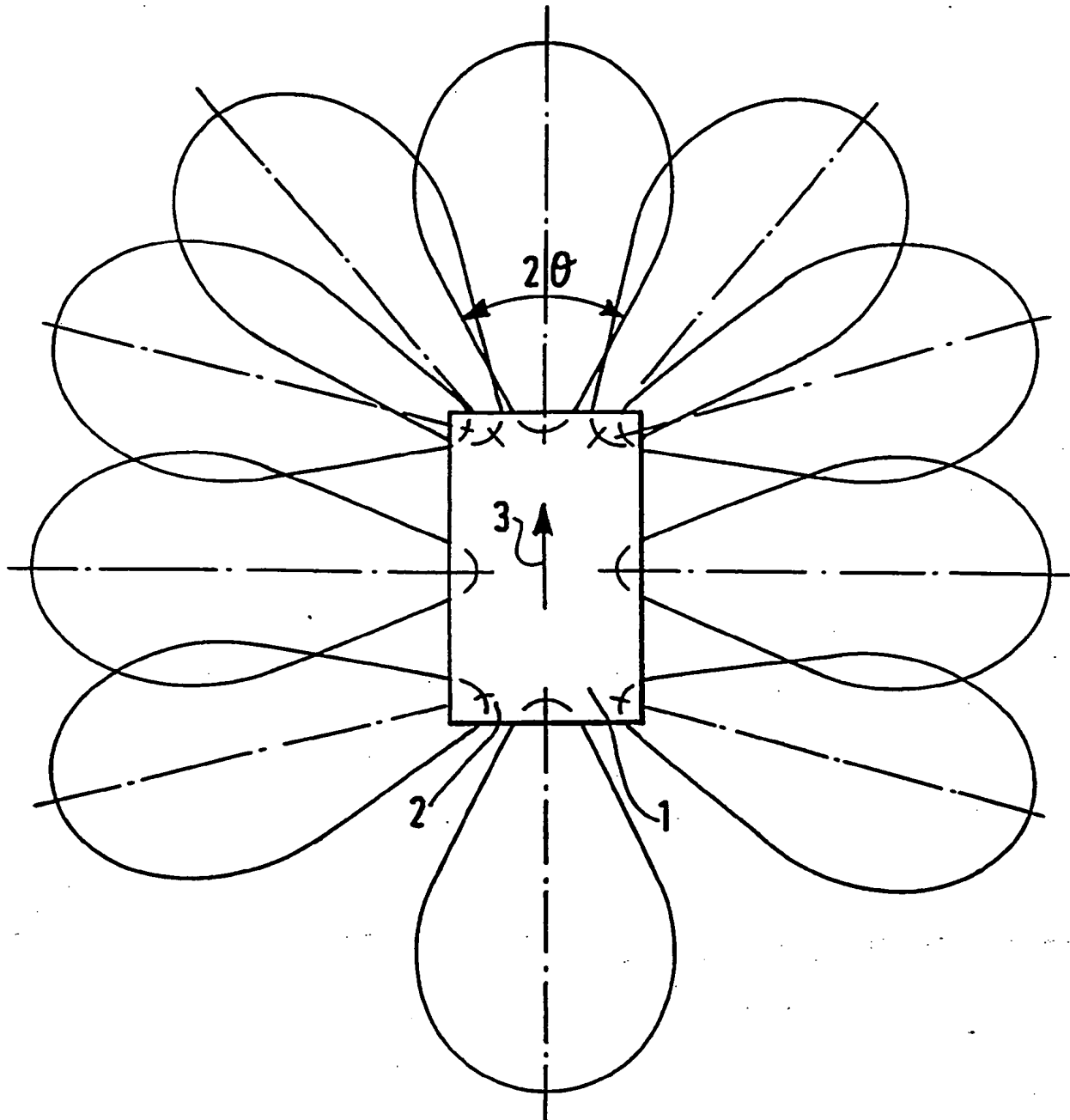
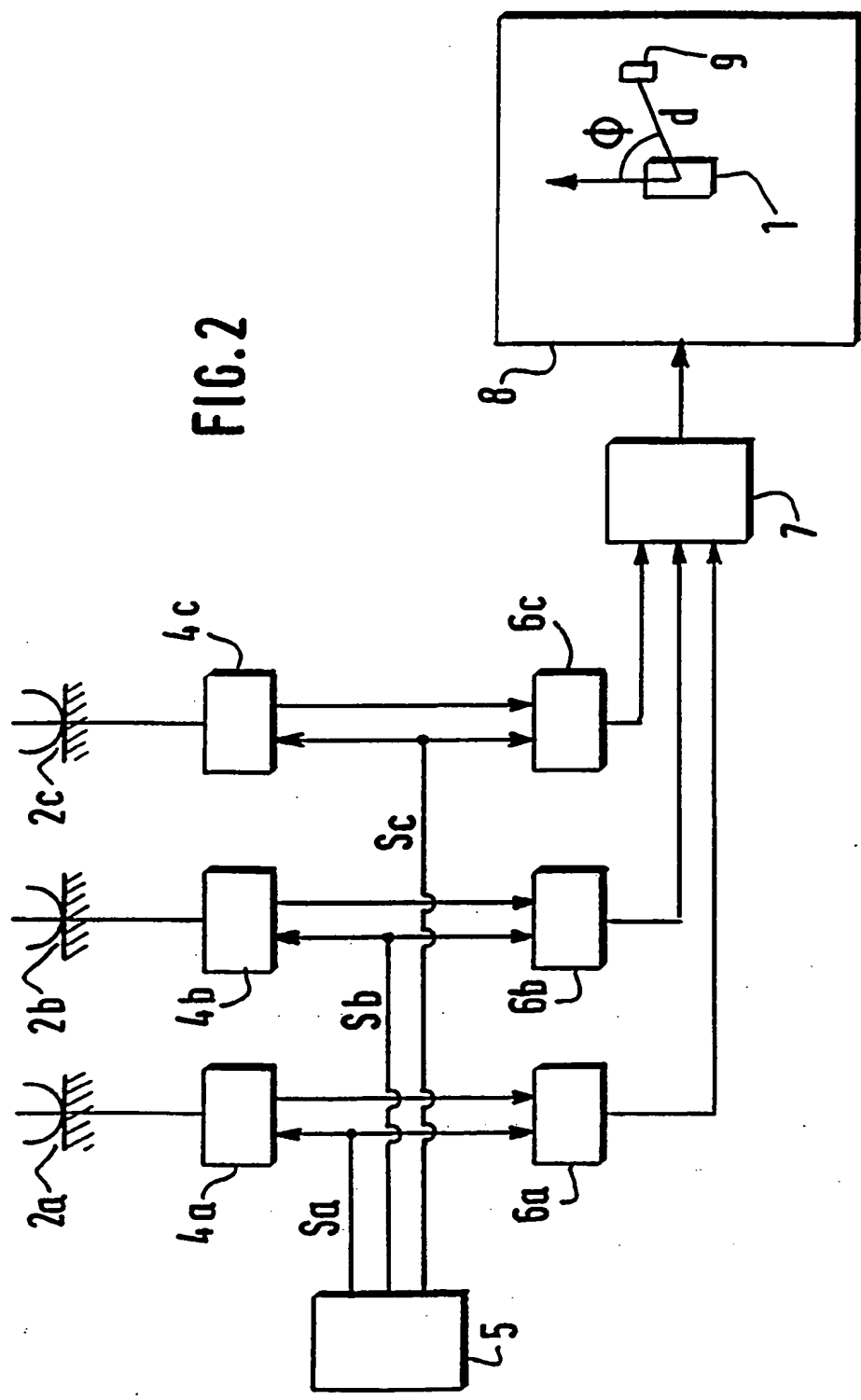


FIG. 1

FIG. 2



3/4

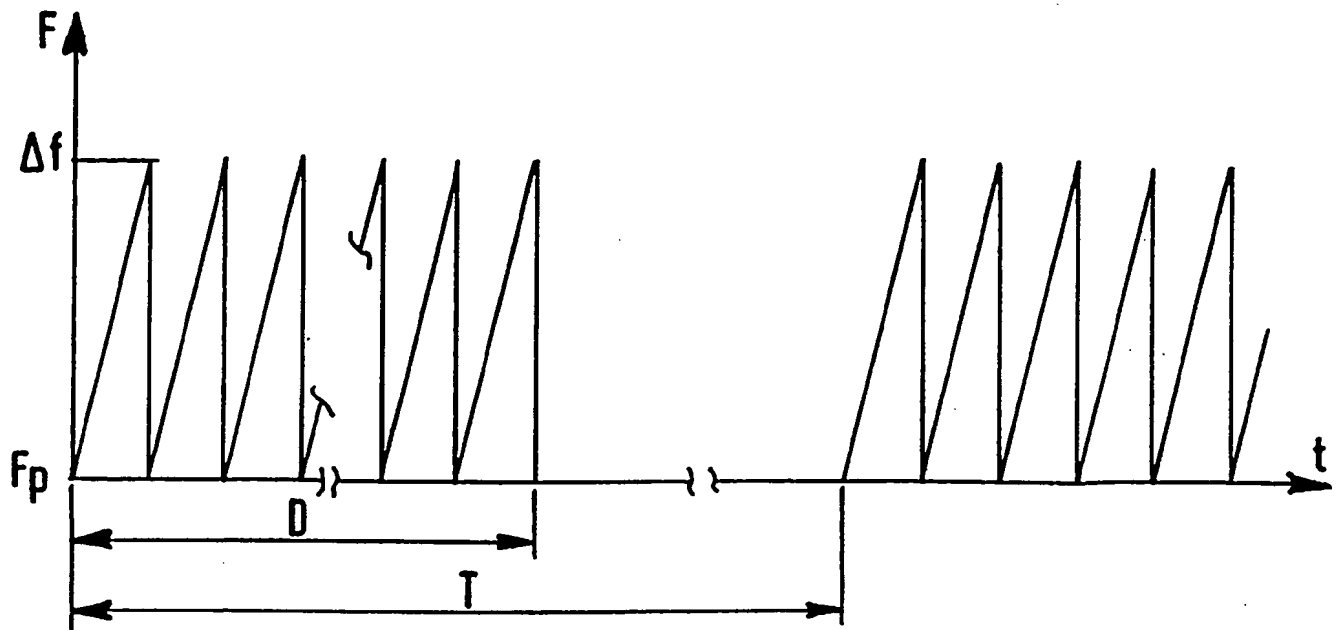


FIG. 3

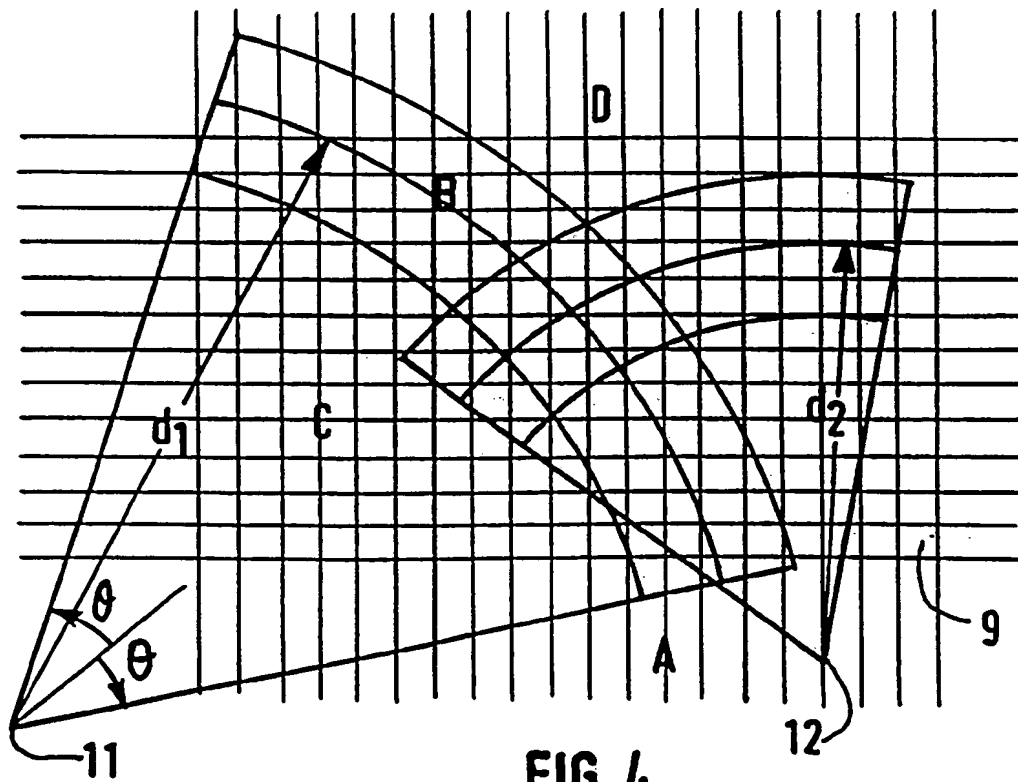


FIG. 4

4/4

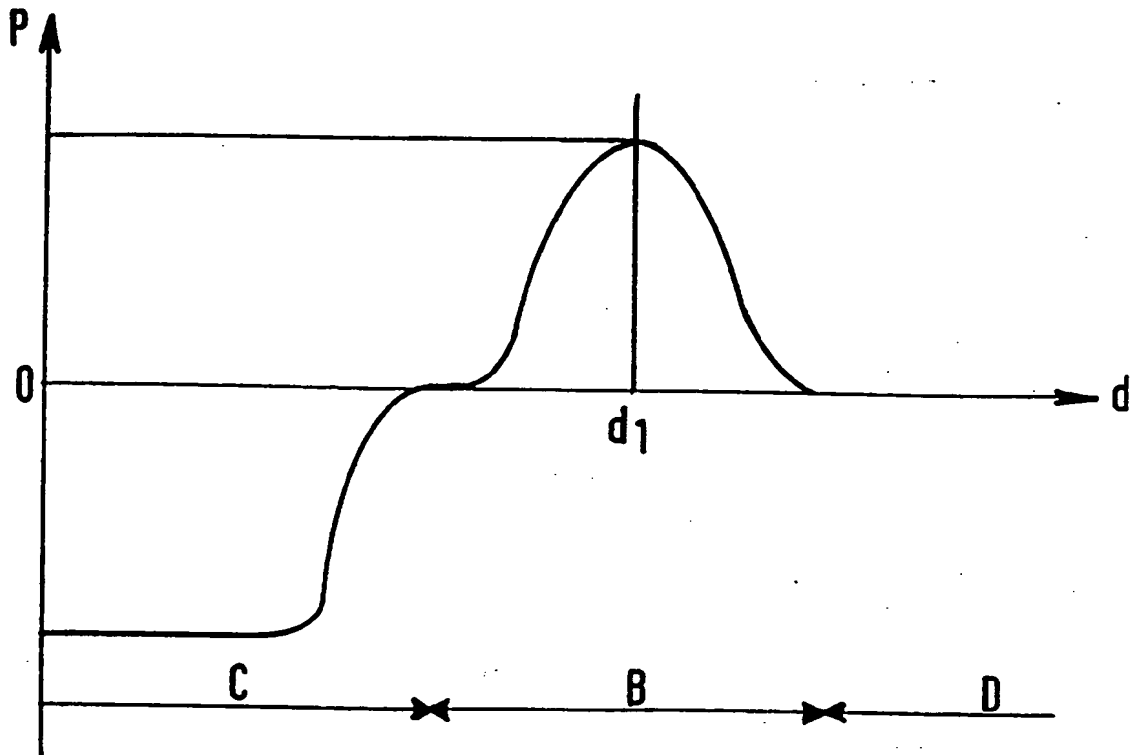


FIG.5

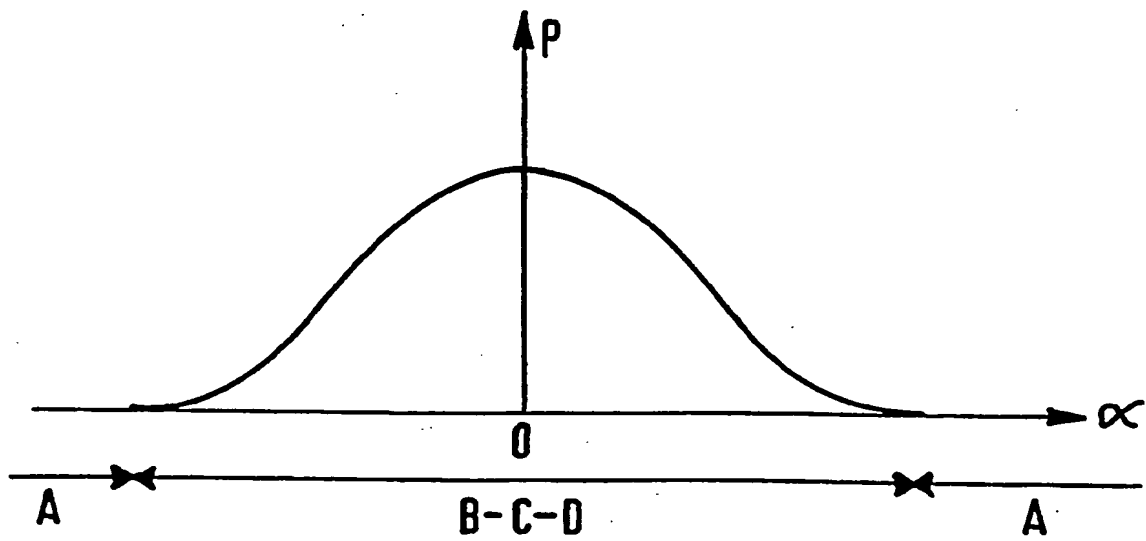


FIG.6

## INSTITUT NATIONAL

RAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIREde la  
PROPRIETE INDUSTRIELLEétabli sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la rechercheFA 492151  
FR 9310777

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
Y	WO-A-89 06808 (PAOLETTI PAOLO) 27 Juillet 1989	1,3,4,8,9
A	* le document en entier *	6,7
Y	IECON 91, INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, vol.2, 28 Octobre 1991, KOBE, JAPAN pages 1133 - 1137, XP313420 PUENTE ET AL. 'Analysis of Data Fusion Methods in Certainty Grids Application to Collision Danger Monitoring'	1,3,4,8,9
A	* page 1133 *	2
A	ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN REAL-TIME CONTROL. PROCEEDINGS OF THE IFAC WORKSHOP, 19 Septembre 1989, SHENYANG, CHINA pages 19 - 24 C.J. HARRIS 'distributed estimation, inferencing and multi-sensor data fusion for real time supervisory control'	
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.5)
		G01S
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
18 Mai 1994		Zaccà, F
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons</p> <p>&amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		

4

EPO FORM 1503 (03.92) (POMC17)